



TRABAJO FIN DE GRADO PODOLOGÍA

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO.

Trabajo realizado por Carolina Berges Arribas

Tutorizado por Prof. Dr. Raúl Molinés Barroso

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO
LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA
DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO
ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

ÍNDICE

ABREVIATURAS.....	4
RESUMEN.....	5
1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1. Justificación	6
1.2. Marco teórico y definición.....	6
1.3. Anatomía de la cara medial del tobillo	7
1.3.1. Acetábulum Pedis.....	7
1.3.2. Complejo ligamentoso deltoideo	7
1.3.3. Tendón del músculo tibial posterior (TTP).	9
1.3.4. El complejo ligamentoso de Spring (CLS).....	10
1.4. La relación existente entre la insuficiencia del TTP y CLS en la deformidad del pie plano adquirido en el adulto.	13
1.5. Objetivos.....	14
2. METODOLOGÍA	15
3. RESULTADOS.....	16
4. DISCUSIÓN.....	28
5. CONCLUSIONES.....	32
6. BIBLIOGRAFÍA.....	33
7. ANEXOS	37

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

ABREVIATURAS

- **ALI:** Arco longitudinal interno.
- **ASA:** Articulación subastragalina.
- **ATN:** Articulación talonavicular.
- **ATT:** Articulación tibiotalar.
- **CLS:** Complejo ligamentoso de Spring.
- **CLSi:** Banda inferior del ligamento de Spring.
- **CLSm:** Banda medial del ligamento de Spring.
- **CLSS:** Banda supero medial del ligamento de Spring.
- **DTTP:** Disfunción del tendón del tibial posterior.
- **FP:** Fascia plantar.
- **IRM:** Imagen de resonancia magnética.
- **PPAA:** Pie plano adulto adquirido.
- **RX:** Radiografía.
- **TAC:** Tomografía computerizada.
- **TTP:** Tendón del músculo tibial posterior.

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

RESUMEN

La deformidad del pie plano adulto adquirido ha sido aceptada desde años atrás por los autores como un fallo o lesión del tendón del tibial posterior. Pero la realidad es que, para que esta deformidad se dé, es necesario evaluar la implicación de otras estructuras osteoarticulares y ligamentosas que podrían ser también causantes, como puede ser el complejo ligamentoso de Spring. Este complejo ligamentoso une al calcáneo con el escafoides y biomecánicamente, su función principal es dotar de estabilidad al retropié, siendo el principal elemento de sostén de la articulación talonavicular. De manera secundaria a la fascia plantar, evita el colapso del arco. La importancia de la lesión de esta estructura ha sido comprobada, concluyendo con que el complejo ligamentoso de Spring podría considerarse como de igual importancia diagnóstica al tendón del tibial posterior a la hora de evaluar un pie plano adulto adquirido. Las imágenes obtenidas en resonancia magnética han mostrado hallazgos de lesión del ligamento de Spring compatibles con hallazgos quirúrgicos realizados posteriormente, y con los mostrados en radiografía para la deformidad de pie plano. Por esta razón la resonancia magnética es una prueba diagnóstica clínica fiable para la detección de anomalías del complejo.

Palabras clave: pie plano, complejo ligamentoso de Spring, tendón tibial posterior, lesión, resonancia magnética.

ABSTRACT

Adult acquired flatfoot deformity has been accepted since years ago by many authors to be a posterior tibialis tendon failure or tear. But the reality is that for the development of the deformity is necessary to evaluate different other osteoarticular and ligament structures that would be the guilty like the Spring ligament complex. This complex attaches the calcaneus and the navicular bones and biomechanically its primary function is giving stability to the hindfoot and being the main support element of the talonavicular joint. In a secondary way to the plantar fascia, it avoids the medial longitudinal arch collapse. The importance of the complex tear has been verified, concluding that the Spring ligament complex could be considered of equally diagnostic importance to the posterior tibialis tendon during the adult acquired flatfoot evaluation. The images obtained in magnetic resonance has shown spring ligament tear findings which fit with those obtained later in surgery, and with those found in the radiological studies. For that reason, magnetic resonance is a reliable clinical diagnostic test for the detection of complex abnormalities.

Key words: flat foot, Spring ligament complex, posterior tibial tendon, tear, magnetic resonance.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. *Justificación*

La gran heterogeneidad de conocimientos y estudios llevados a cabo a cerca del pie plano adulto adquirido (PPAA) y la sintomatología que produce nos muestra la necesidad de conocer en profundidad cuál es la relación existente entre la lesión del complejo ligamentoso de Spring (CLS) y la insuficiencia del tendón del tibial posterior (TTP). También nos interesa saber hasta qué grado es determinante la lesión del CLS en esta deformidad. Asimismo, la actualización de conocimientos acerca del CLS es necesaria para establecer así un protocolo que pudiera permitirnos la detección y tratamiento de sus lesiones en fases tempranas, evitando la progresión pie plano y con él, la sintomatología que acarrea y que es tan prevalente en nuestras consultas.

1.2. *Marco teórico y definición.*

El PPAA ha sido definido desde los inicios como una entidad patológica estrechamente relacionada con la lesión TTP en mayor o menor grado, y que finalmente se traduciría (en un estadio más avanzado) en una disfunción del tendón del tibial posterior (DTTP)¹. Dicha disfunción produciría una sobrecarga por encima de la que las estructuras mediales articulares y ligamentosas del tobillo podrían sostener², entre ellas, el CLS, produciéndose el aplanamiento del arco longitudinal interno (ALI)^{3,4}. No se conoce con exactitud la prevalencia de PPAA, pero un estudio realizado en una muestra de mujeres de 40 años en Reino Unido estableció una incidencia de la deformidad de alrededor del 3% de la población⁵.

La descripción anatómica de la estructura ligamentosa de la región medial de tobillo ha sido fuente de controversia entre los investigadores dada la gran dificultad para diferenciar sus componentes, así como la presencia inconstante de algunos de sus estructuras. Por ello, se han realizado variedad de definiciones anatómicas a lo largo de los últimos años^{6,7}. No obstante, la conclusión en la que todos los autores infieren es que, durante la evaluación anatómica de un PPAA con un ALI descendido o colapsado es indispensable tener en cuenta la integridad del TTP (el cual es considerado el principal estabilizador dinámico del arco longitudinal medial)^{1,8}. A día de hoy, esta generalmente aceptada la trascendencia de las estructuras mediales del tobillo como son los ligamentos del seno del tarso y el CLS en el proceso de evolución del PPAA¹. Es decir, las lesiones de dichas estructuras, podrían ser las causantes de la aparición de dicha disfunción, pero también podrían ser una consecuencia de la misma, manifestándose en cualquier caso como un aplanamiento del pie⁴. De hecho, se ha descrito que una deformidad severa y la desviación de la articulación talonavicular (ATN)⁹ no podrían darse sin el debilitamiento significativo de las estructuras estabilizadoras mediales, e incluso, que la lesión del CLS puede producir un PPAA sin una disfunción asociada del TTP³.

Durante la exploración no puede pasarse por alto la evaluación de otras estructuras mediales como el complejo ligamentoso deltoideo, el complejo ligamentoso calcaneonavicular o de Spring (CSL), ligamentos plantares cortos y largo, la fascia plantar (FP), la ATN y los ligamentos talocalcáneos^{3,10,11}, ya que, como Walters asegura², la deformidad de pie plano no puede ser únicamente entendida como una DTTP. Anatómicamente, el compartimento medial del pie se ha estructurado en tres secciones ligamentosas íntimamente relacionadas entre sí⁶:

- La capa superficial del ligamento Deltoideo.
- La capa profunda del ligamento deltoideo.
- El complejo ligamentoso de Spring².

1.3. Anatomía de la cara medial del tobillo

1.3.1.Acetábulum Pedis

El acetabulum pedis es una estructura compuesta por las facetas media y anterior del calcáneo, la porción más próxima del navicular, y el CSL. Todas las estructuras que lo componen tienen como objetivo el sostenimiento y estabilización del astrágalo en la ATN¹⁰. Durante los movimientos dinámicos, el TTP y los tendones flexores colaborarían en la estabilización de dicha articulación para evitar la excesiva caída del astrágalo en pronación².

1.3.2.Complejo ligamentoso deltoideo

El complejo ligamentoso Deltoideo, también conocido como complejo medial colateral ligamentoso⁷, queda dividido en sus dos capas conformantes mediante una fina película de grasa², las cuales se componen de seis estructuras en total^{6,12} que se disponen en forma de delta y presentan apariencia multifascicular. Se trata de un complejo fuerte y ancho cuyas fibras se entremezclan consigo mismas y con las de los tendones del músculo tibial posterior y flexor común de los dedos, haciendo muy difícil a veces la distinción de sus componentes^{2,6,7}. La capa superficial, por un lado, se compondría de 4 fascículos: ligamento tibiospring, ligamento tibionavicular, ligamento tibiotalar superficial posterior y ligamento talocalcáneo. Por otro lado, la porción profunda posee dos estructuras: ligamento tibiotalar profundo anterior y ligamento tibiotalar profundo posterior⁶. De estos, se estableció basándose en un estudio anterior en 20 pies de cadáveres que tres bandas (ligamento tibiospring, ligamento tibionavicular y ligamento tibiotalar profundo posterior) eran constantes, mientras que las otras tres bandas aparecían de manera aleatoria entre la población. Esas tres bandas adicionales eran la del ligamento tibiotalar superficial posterior (presente en 15 cadáveres), el ligamento tibioalcaneo (encontrado en 6 modelos cadavéricos) y el ligamento tibiotalar profundo anterior, (el cual se encontró en 4 especímenes)⁶. En otro estudio se aludió que, a pesar del acuerdo general que existe en cuanto a la compartimentación realizada de los componentes

ligamentosos del complejo Deltoideo, existen disyuntivas sobre cuáles de ellos tienen una aparición aleatoria en la población y cuales están siempre presentes⁷ (*véase imagen 1*).

➤ **Componentes de la capa superficial del ligamento deltoideo.**

Uno de los componentes cuestionados, es la porción tibiospring. Sus fibras pertenecen a la capa superficial del ligamento deltoideo, pero desde su origen en el maléolo tibial, avanza distalmente hasta insertarse ampliamente sobre la porción superomedial del CLS (CLSs). Algunos autores² no la incluyen como parte del ligamento deltoideo, mientras que otros sí, afirmando además que debido a su inserción en el CLS y la relación directa que se establecería entre ambos complejos proporcionarían una importante función de estabilización de la articulación tibiotalar (ATT)⁶.

La porción ligamentosa tibionavicular, por otro lado, se origina en el aspecto anterior del cóliculo anterior del maléolo tibial y discurre para insertarse en la tuberosidad del escafoides. También se ha descrito por algunos autores, al igual que el tibiospring, que sus fibras pueden llegar a unirse a las del CLS^{2,6}.

Desde el surco intercolicular hasta el proceso posterior del astrágalo y el sustentaculum tali, discurre la banda tibiotalar superficial posterior. Esta disposición origen-inserción podría ser ventajoso a la hora de controlar ciertos movimientos del astrágalo hacia posterior y controlar así el desplazamiento en flexión dorsal^{2,6}.

Ocasionalmente superpuesto por la porción del tibiospring, y como éste mismo hace, la porción tibioalcánea puede tener fibras que acaban insertándose en el CLS, pero su inserción principal es el sustentaculum tali. Este ligamento se origina en la cara medial del cóliculo anterior del maléolo medial. Es considerado como la banda más fuerte del complejo Deltoideo^{2,6}.

➤ **Componentes del plano profundo del ligamento deltoideo.**

Ambos se originan en la interlinea colicular del maléolo tibial. El ligamento tibiotalar profundo posterior avanza hacia distal para adherirse en el proceso posterior de la cara medial del astrágalo. La porción tibiotalar profunda anterior, por el contrario, inserta sus fibras en el aspecto medial del cuello del astrágalo y es posible que éstas aparezcan estrechamente relacionadas con las de la porción del ligamento tibionavicular. Se trata de una banda difícil de discernir en ocasiones, pues es inconstante, y muchos autores solo han podido describir una sola banda en toda la capa profunda⁶.

La gran cantidad de inserciones y orígenes de la estructura Deltoidea que unen al tercio más distal de la tibia en su maléolo y al retropié son propicias para aportar estabilidad a la articulación del tobillo y permitir, por lo tanto, que el astrágalo no colapse hacia interno², limitando su translación anterior, posterior y lateral. De manera más específica, se ha establecido que la capa superficial de dicho complejo sería la encargada del control de la evasión del retropié, mientras que la fase profunda se limita a contener los movimientos de rotación externa del astrágalo¹².

1.3.3. Tendón del músculo tibial posterior (TTP).

Es reconocido como el principal responsable del mantenimiento de la estabilidad dinámica del ALI¹³, pues produce la inversión de la ASA y conjuntamente, el bloqueo de las articulaciones del tarso para impedir el hundimiento de la bóveda plantar¹⁴. Este músculo se localiza en el compartimento posterior profundo de la pierna, y tiene su origen en la membrana interósea, tibia y peroné. Este origen, más lateral que los otros descritos, ha sido descrito como el más fuerte y nuevo evolutivamente, y permite que el brazo de momento de fuerza del músculo sea mayor, y por lo tanto, el momento de fuerza inversor sobre el pie se vea incrementado^{2,14}. En su descenso a nivel del tercio distal de la pierna, éste comienza a tornarse en tendón, y como tal, discurre por la parte posterior del maléolo tibial dentro del retináculo de los flexores, zona posterior y cara medial del cuello del astrágalo, quedando situado anatómicamente a este nivel como el más medial de los tendones extrínsecos del tobillo^{2,13,14}. A través del túnel tarsiano, avanza dejando atrás al retropié, entremezclando sus fibras con las del complejo ligamentoso deltoideo superficial, y apoyándose sobre el CLS^{2,6,7,15}. El TTP se divide en tres bandas antes de su fijación en el hueso escafoides (anterior, medial y posterior). Las inserciones de los tres fascículos del TTP son las siguientes² (*véase imagen 2*):

- Fascículo anterior: eminencia del escafoides, cara inferior de la articulación escafo-cuneana, y cara plantar de primera articulación metatarsocuneana.
- Fascículo medio: cuneiformes y cuboides por plantar.
- Fascículo posterior: sustentaculum tali.

Del total del grosor del tendón, el fascículo anterior sería el más voluminoso (65%) y largo. Por otro lado, el fascículo medial es el más profundo y más estrecho de los 3 (15%), y finalmente, el componente posterior se presentaría con aproximadamente un 20% del grosor total².

El TTP queda irrigado principalmente por la arteria tibial posterior, a pesar de que existe cierto debate en cuanto a la vascularización de las distintas zonas del tendón y la existencia de posibles zonas avasculares².

La DTTP, cuya causa puede ser desde traumática hasta artrítica, pasando por la obesidad, ha sido clasificada de diversos modos en la literatura². La clasificación más aceptada y usada en la actualidad es la que realizaron Jonhson y Strom en 1989, en la que se relacionan los hallazgos clínicos y radiológicos. Esta clasificación fue posteriormente complementada con un cuarto estadio de la enfermedad añadido por Myerson en el año 1997^{2,14} (*véase anexo 1, tabla 1*).

1.3.4.El complejo ligamentoso de Spring (CLS).

Antiguamente llamado ligamentum neglectum y actualmente conocido como ligamento calcaneonavicular, ligamento en resorte o ligamento Spring, esta estructura ha sido recientemente identificada y relacionada con la deformidad del pie plano y la insuficiencia del TTP. Existe cierta homogeneidad de ideas en cuanto a la determinación del CLS y sus constituyentes¹⁶, sus lesiones, su diagnóstico y su tratamiento, si bien parece haber un acuerdo en cuanto a que este complejo se integra de dos fascículos que son constantes: el fascículo superomedial y el fascículo inferior^{2,15} (*véase imagen 1 y 2*). Este ligamento es el encargado de conectar al sustentaculum tali del calcáneo con el escafoides, y como ya comentábamos, es considerada un integrante del acetabulum pedis por soportar y estabilizar a la ATN¹⁰. Numerosos estudios histológicos manifiestan la inexistencia de fibras elásticas entre las que constituyen a este complejo ligamentoso, y por lo tanto se dice que este ligamento no tiene propiedades de resorte como su propio nombre indica, sino más bien de carga y soporte^{2,10,15}.

La banda superomedial del complejo ligamentoso de Spring (CLSs) supera a la banda inferior tanto en fuerza como en anchura y grosor, pudiendo llegar a soportar hasta 665.5 N de carga en comparación con los 291.4 de su análogo, la banda inferior¹⁰. Tiene su origen en la faceta anterior del calcáneo y sustentaculum tali, de manera que sus fibras se distribuyen distal y ampliamente hasta insertarse en la faceta superior, medial e inferior del navicular. Estas fibras adquieren un aspecto cóncavo en su inserción, y durante su recorrido este ligamento será la superficie sobre la cual el TTP se apoya, pasando adyacente al ligamento y compartiendo inserción con él¹⁵. No solo eso, si no que este tendón tiene inserciones distales a esta banda del CLS. No es la única estructura que utiliza a la banda superomedial para tener más anclajes, si no que el ligamento deltoideo superficial también posee cierta cantidad de fibras que desde superior avanzan hasta adherirse a él^{10,15}. Una característica llamativa de este ligamento observada en numerosos estudios es la presencia de un tejido fibrocartilaginoso en su dorso, que articula con la cabeza del astrágalo. Este componente fibrocartilaginoso de dicho ligamento lleva a afirmar su principal función, como ya habíamos comentado anteriormente, que es la de sostén de cargas, pues este recubrimiento le confiere mayor fuerza y resistencia a la carga. Se sugiere, además, que la existencia de este fibrocartílago podría significar la alta exposición a

fuerzas de compresión entre el TTP y la cabeza del astrágalo, y el gran estrés al que se ve sometida esta estructura en su recorrido por la ATN^{2,10}. Precisamente por este motivo, esta porción del CLS es la que más frecuentemente sufrirá daños o lesiones^{4,7,9,10,15,17}. Por todo ello, se ha considerado al CLSs como el principal estabilizador de la ATN¹. Se ha visto, además, lesionada en más del 70% de los pacientes con un grado variable de deformidad secundaria a una insuficiencia del TTP^{8,9,15}

La banda inferior del ligamento de Spring (CLSi), más pequeña y estrecha que la anterior, tiene forma cuadrilateral¹⁷. Se expande plantar y lateral con respecto a la porción superomedial desde la fosa coronoide del calcáneo (la cual está en el sustentaculum tali) entre las carillas articulares anterior y medial del calcáneo de manera medial hasta insertarse en el aspecto plantar del navicular, donde se encuentra en la inserción con el CLSs. Ambas capas quedan divididas en este punto por una delgada capa grasa^{10,15}. Esta porción ha mostrado tener una disposición de sus fibras totalmente apta que le dotarían de capacidad para resistir a las fuerzas tensiles que pudieran someterlo⁸.

La tercera porción de este ligamento, llamado ligamento mediopltar oblicuo del complejo de Spring (CLSm), es un componente inconstante del mismo con forma trapezoidal¹⁷. Se origina también en el sustentaculum tali, concretamente entre las facetas articulares anterior y medial del calcáneo hasta insertarse en la tuberosidad navicular^{15,17}. En un estudio del año 2011 realizado sobre 15 pies cadavéricos en los cuales se diseccionó la articulación subtalar (ASA), se observaron las diferentes variaciones que podrían darse tanto en el CLS como en el sustentaculum tali. Los resultados obtenidos revelaron que 9 del total de esos pies presentaban este tercer componente mediante la visualización de algunas fibras diferenciadas que se colocan de manera oblicua al ángulo lateral inferior de la superficie articular navicular¹⁸.

El complejo en su totalidad recibe su aporte sanguíneo principalmente de las ramas penetrantes de la arteria medial plantar y la arteria calcánea. El tercio proximal y plantar queda abastecido por las rama calcáneas y la arteria medial plantar; el tercio distal y plantar lo hace a través de una rama del escafoides procedente de la arteria medial plantar también; y el tercio dorsal y centra del banda son prácticamente avasculares^{10,15}.

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

La principal función de esta estructura se resumiría en el soporte estático de la cabeza del astrágalo, impidiendo su subluxación medial y plantar y la de la ATN^{6,15,16}. De esta función se deriva el nombre de "ligamento en cabestrillo" o "ligamento en hamaca" con el que también se le suele conocer^{2,10}. Asimismo, este complejo ligamentoso dota de soporte al arco longitudinal medial del pie, generando también de manera pasiva una afianzamiento de la ASA y la ATN^{10,15,16}.

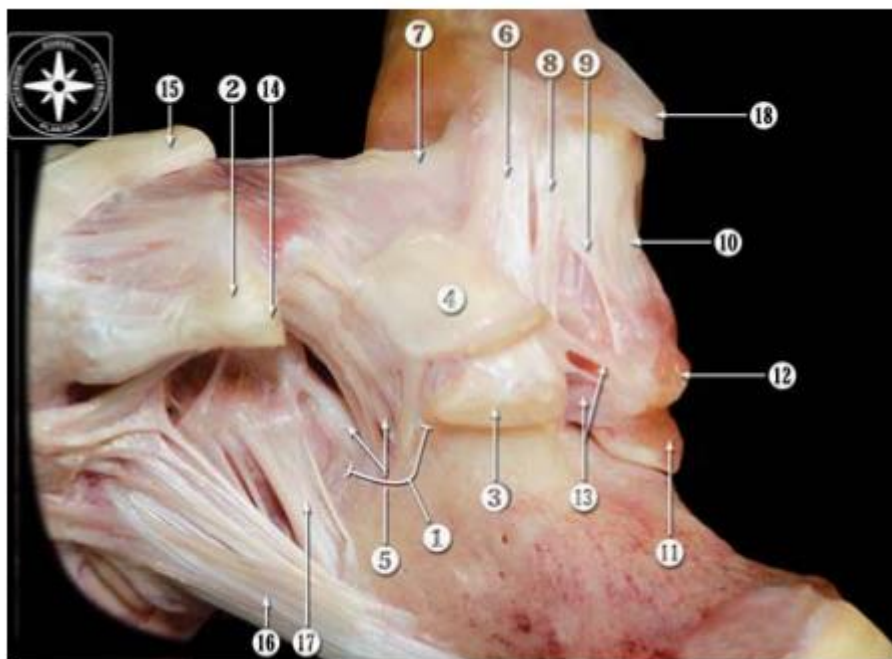


Imagen 1. Vista plantar-medial de la disección osteoarticular de los ligamentos plantares del pie. (1) Fosa coronoide. (2) Tuberosidad del navicular. (3) Sustentaculum tali. (4) CLS. (5) CLSi. (6) Ligamento Tibiospring. (7) Ligamento tibionavicular. (8) Ligamento tibiocalcaneo. (9) Ligamento superficial tibiotalar. (10) Ligamento profundo tibiotalar. (11) Proceso lateral del astrágalo. (12) Proceso medial del astrágalo. (13) Ligamento medial talocalcáneo. (14) Tendón tibial posterior (seccionado). (15) Tendón tibial anterior (seccionado). (16) Ligamento plantar largo. (17) Ligamento calcaneocuboideo plantar. (18) Retináculo flexor (seccionado). Adaptado.⁶

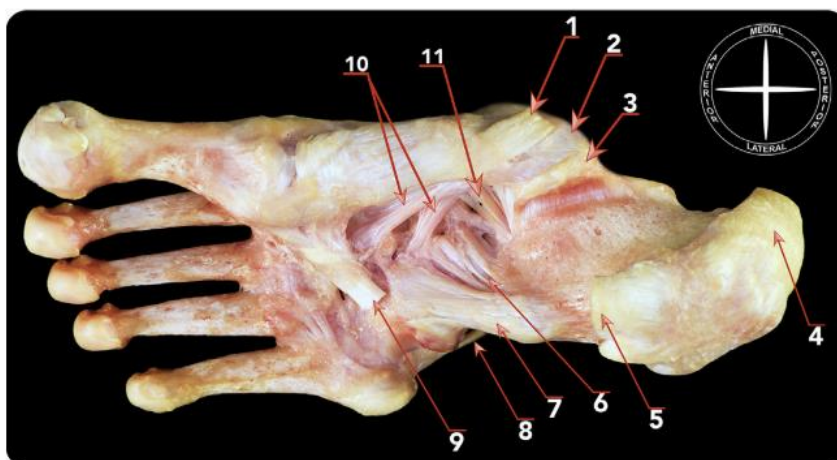


Imagen 2. Visión plantar de una disección osteoarticular del CLS. (1) TTP. (2) CLSs. (3) Sustentaculum tali. (4) Tendón calcáneo. (5) Aponeurosis plantar o FP. (6) Ligamento calcaneocuboideo plantar. (7) Ligamento plantar largo. (8) Tendón peroneo corto. (9) Tendón peroneo largo. (10) Expansiones del TTP. (11) CLSi. Adaptado.⁸

1.4. La relación existente entre la insuficiencia del TTP y CLS en la deformidad del pie plano adquirido en el adulto.

Las lesiones aisladas del CLS que llevan a desarrollar un pie plano adquirido unilateral suelen producirse durante eventos traumáticos, donde muchas veces los pacientes afirman haber tenido un proceso de lesión en eversión del retropié durante alguna actividad física⁸. No obstante, se ha mostrado que el CLS suele lesionarse en asociación a un mayor o menor grado de lesión del TTP⁸. El TTP es el mayor estabilizador dinámico de la bóveda plantar, y se estipula que la pérdida de su función sería la causa por la que los complejos ligamentosos mediales que hemos nombrado podrían entrar en procesos de estrés mediante los cuales intentarían compensar esa disfunción¹⁰, siendo insuficientes para soportar el peso corporal sin evitar el colapso del arco y la luxación medial de la cabeza del astrágalo⁴.

Actualmente, la DTTP es una causa altamente prevalente del desarrollo de un PPAA¹⁹. Lo cierto es que, a pesar de ello y de ser descrito como una estructura indispensable, existen estudios en los que se demuestra que su insuficiencia por sí sola no sería capaz de producir la deformidad, y que estaría también asociada a fallos en las estructuras ligamentosas del compartimento medial del tobillo (en las que se incluye el CLS)¹⁰. La bibliografía nos muestra que el complejo ligamentoso de Spring es una estructura de importancia relevante si hablamos de la deformidad de pie plano, dada las múltiples relaciones que sus fibras establecen con el

ligamento deltoideo y el TTP, además de su localización medial en el pie. Intentando reproducir la deformidad de pie plano en el laboratorio, se ha visto que el CLS asume un papel especialmente relevante en la deformidad que adquiere ATN⁹.

Algunos autores⁸ aseguran que es muy complicado encontrar lesiones del CLS en presencia de un TTP totalmente normal, lo que indica que estas dos lesiones suelen aparecer de manera simultánea siempre y cuando no haya habido un evento traumático y es muy importante no pasarlas por alto ante la evaluación de un pie plano. Sin embargo, otras series de casos han demostrado que la lesión del CLS por si sola puede dar lugar a un PPAA sin llevar asociada una DTTP³.

1.5. Objetivos

Los objetivos planteados en la realización de este trabajo son, por lo tanto:

- Establecer cuál es el papel del CLS como asistente en el mantenimiento del arco longitudinal del pie y estabilizador del retropié y, por tanto, de la aparición de la deformidad del pie plano adulto adquirido.
- Corroborar la fiabilidad que tienen las imágenes de resonancia magnética (IRM) en el diagnóstico de la lesión y anormalidades del CLS.
- Finalmente, se ha propuesto demostrar cómo los hallazgos obtenidos en IRM pueden manifestarse en claros signos de pie plano en clínica.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de esta revisión bibliográfica, durante los días 18-21 de noviembre del año 2018, el 20 de diciembre del año 2018, y el 2 de abril del año 2019, se realizaron 3 búsquedas en la base de datos electrónica de *Pubmed* acerca del ligamento de Spring, con los siguientes términos de búsqueda o descriptores: “*spring ligament*”, “*spring ligament injuries*”, “*spring ligament tear*”, “*spring ligament anatomy*”, “*tibialis posterior dysfunction*” y “*flat foot*”. Como operador booleano se usó *AND*.

Se estableció como **criterios de inclusión** principales que se tratase de artículos actualizados de los últimos 5 años. Además, se buscó que fuesen documentos a texto completo, en castellano y en inglés, que se basasen en observaciones sobre humanos (incluyendo modelos cadavéricos o modelos computacionales de elementos finitos), que hablasen sobre la lesión del ligamento de Spring, su biomecánica, anatomía y diagnóstico, y que estudiaran la relación con la disfunción del tendón del músculo tibial posterior.

Se **excluyeron** todos aquellos artículos que comparaban técnicas quirúrgicas de reconstrucción de éste. Además, no se incluyeron en los resultados aquellos artículos cuyos estudios hablaban de casos aislados de roturas traumáticas del complejo ligamentoso de Spring y aquellos que documentaban acerca de un único caso clínico. Uno²⁰ de los artículos seleccionados para la realización del desarrollo incluyó en su metodología una cirugía de comprobación y observación de rotura de ligamento de Spring, pero no valoró ningún momento el método quirúrgico, el abordaje, y tampoco realizó reconstrucciones, por lo que le hace válido para la revisión. Otro de ellos²¹, en modelos cadavéricos, se simulan CLS sanos, por lo que tienen que simular un ligamento íntegro, pero el objetivo de este estudio no es hablar de cirugías reparadoras, sino más bien centrarse en los efectos biomecánicos existentes cuando el CLS está sano versus cuando se encuentra lesionado. Por ello, fue incluido en la bibliografía del trabajo.

En total, se utilizaron 6 artículos, 5 de los cuales se obtuvieron por medio de las búsquedas en el motor de búsqueda *Pubmed*. Con las herramientas de la biblioteca y por considerarlo relevante para el trabajo, el artículo restante fue facilitado por el tutor de la revisión (**Véase Anexo 2, Figura 1**).

3. RESULTADOS

Se muestran en el apartado **Anexos** (*Anexo 3, tabla 2 y Anexo 4, tabla 3*) los resúmenes de los artículos expuestos a continuación.

Artículo 1º. "MRI features most often associated with surgically proven tears of the spring ligament complex".- "Hallazgos en resonancia magnética frecuentemente asociados con daños demostrados quirúrgicamente del complejo ligamentoso de Spring". 2013.²⁰

El propósito de este estudio retrospectivo desarrollado por Williams G, et al. fue encontrar las lesiones más comunes del ligamento de Spring en IRM, las cuales fueron demostradas después mediante abordaje quirúrgico. Para la recogida de muestra, se seleccionaron 305 imágenes de resonancia de un hospital que constaban entre los años 2008 y 2010. De ellas y tras pasar los criterios de exclusión (los pacientes deberían ser mayores de edad, y/o no deberían poseer historiales de cirugías o infecciones previas), un total de 161 imágenes fueron seleccionadas, pertenecientes a 64 hombres y 97 mujeres con una edad media de 45,9 años.

Posteriormente se eliminó a un grupo sesgo de pacientes, y los resultantes quedaron divididos en dos grupos:

- *Grupo A.* Quedó constituido por 13 pacientes (3 hombres y 10 mujeres) cuyas lesiones de ligamento habían sido comprobadas durante las cirugías, que se habían realizado con el propósito de tratar un pie plano adquirido sintomático flexible (osteotomías mediales de calcáneo, transferencias de tendón del flexor de los dedos al del tibial posterior). La lesión podía evidenciarse más comúnmente como la visualización directa de la ATN a través de la separación de los cabos que componían el ligamento. Dicha lesión fue reparada posteriormente.
- *Grupo B.* Llamado "grupo comparativo" y formado por 96 pacientes (31 hombres y 65 mujeres) los cuales presentaban signos clínicos que diferían de los de un PPAA con retropié plano valgo, patología del TTP o presencia de dolor en la cara medial del pie.

Antes de la operación, un cirujano experimentado en pie y tobillo sometió a un examen clínico y anamnesis a todos los pacientes. Posteriormente fue necesario establecer unos criterios estandarizados para las IRM en cortes axiales, coroneales y sagitales en secuencias T1 y supresión grasa. Estas imágenes fueron evaluadas por un técnico y un cirujano con 10 años y 5 años de experiencia, respectivamente, para ser comparadas retrospectivamente con los informes de cada paciente.

Los criterios analizados durante este estudio fueron el tamaño del CLSs proximal (en su parte más gruesa) y distal (la zona más delgada medible próximo a su inserción navicular), morfología (espesor y adelgazamiento), señal (normal o aumentada), y presencia de tendinopatía del tendón del tibial clasificada en los grados de Conti:

- Estadio 1. Daño parcial y patrón fusiforme.
- Estadio 2. Estrechamiento y elongación.
- Estadio 3. Discontinuidad total.

Basándose en un protocolo estandarizado ya utilizado anteriormente por otros autores, se observó que, en el grupo A, 12/13 escáneres (92,3%) presentaban anomalías en el CLSsI con engrosamiento proximal de más de 5 mm, y 11/13 (84,61%) presentaron anomalía con o sin adelgazamiento menor de 2 mm del complejo. El caso restante presentó alta señal reconocida en la zona insercional del escafoides. En cuanto al CLSm, la visualización de su lesión fue más costosa y se encontró con menos consistencia. Mediante la detección de una alta señal intrasustancia de la zona medial y proximal de dicha banda en supresión grasa y densidad de protones, pudieron describirse anomalías en 11/13 imágenes (84,6%). No obstante, 2 de las 13 imágenes de dicho grupo en las cuales se probó la lesión de la CLSm, mostraron resultados de normalidad. Del total de pacientes del grupo A, el 100% de ellos presentaban una DTTP.

En el grupo comparativo (B), 89 de los 96 pacientes tenían una buena visualización de la CLSm (92,7%), mientras que el CLSs era perfectamente observable en 91 de los 96 (94,8%). Dentro de este grupo, todos presentaban unas IRM sin lesión en ambos fascículos, frente a solo 2 pacientes del grupo control (15,3% del total de 13, donde existía una correcta visualización en IRM). Cabe destacar que en el grupo B ninguno de los pacientes tenía una disfunción del tibial posterior o daños visibles en el complejo.

Este estudio muestra que las anomalías visualizadas en estas pruebas de imagen y posteriormente en cirugía en el caso del grupo casos, podrían hacer de la IRM un método de diagnóstico fiable, consistente y fácilmente reproducible para identificar las lesiones del CLS. Además, este estudio podría sugerirnos que los signos clínicos de pie plano valgo no aparecen hasta que una de estas estructuras (TTP y CLS) queda lesionada, lo que podría comprobarse previamente mediante una exploración en IRM.

Artículo 2º. "Could failure of the Spring Ligament Complex Be the Driving Force behind the Development of the Adult Flatfoot Deformity?" – "¿Podría la lesión del complejo ligamentoso de Spring ser la causa del desarrollo de la deformidad del pie plano adulto?". 2014.³

Este estudio retrospectivo, llevado a cabo por los mismos autores que el anterior, tuvo como objetivo determinar la existencia de relaciones entre las lesiones del CLS y del TTP detectadas en IRM, con la evidencia radiográfica previa de un pie plano valgo. Para su realización, los autores usaron la misma muestra que se usó en el caso anterior, pero modificaron la metodología de trabajo, ya que el objetivo era diferente. En este caso, además, se recogieron también las radiografías (RX) de dichos pacientes.

En las RX, tomadas en una visión lateral en carga, se midieron los siguientes parámetros: ángulo formado entre la línea de Meary y el primer metatarsiano (el cual debía ser mayor o igual de 5º); ángulo de inclinación del calcáneo, cuya medida no debía exceder de los 20º; y el ángulo talocalcáneo, que debía ser mayor o igual de 45º. Las mediciones radiográficas fueron realizadas digitalmente mediante un software y observadas posteriormente por uno de los autores, el cual era un observador ciego de cualquiera de la información del paciente. Por otro lado, en la valoración de las IRM, se establecieron unos parámetros de daño del ligamento probados quirúrgicamente, entre los que se encuentran el grosor del ligamento, la señal que transmitía en supresión grasa y densidad de protones desde su origen en el calcáneo, su engrosamiento proximal (>5 mm) y adelgazamiento distal (<2 mm) con respecto a la porción medial superior. El CLSm y el CLSs se valoraron por el aumento de densidad intrasustancia, aumento de grosor por encima de los 7 mm, así como la pérdida de su patrón estriado que le caracteriza. Por último, el TTP se clasificó en los 3 estadios de Conti.

Los hallazgos significativos en IRM más importantes de dicho estudio demuestran que, de 161 escáneres totales analizados, 44 de ellos presentaban una lesión del CLSs (27%), mostrando una disminución del grosor proximal y distal y un cambio de intensidad en la inserción navicular. De estas 44 imágenes, 33 de ellas presentaban también daño en el CLSm, donde se observaba alta señal intrasustancia y ensanchamiento de dicha banda en más de 7 mm, con pérdida de su patrón típico estriado. En cuanto al TTP, se encontró patológico en un total de 33 imágenes (20%), siendo en 16 de los casos, de grado II o III según Conti.

Los hallazgos en IRM y en RX (siendo el ángulo que constituye la línea de Meary y el primer metatarsiano la medida esencial) permitieron establecer una alta significancia estadística en cuanto a la patología del CLS y la deformidad del PPAA en los 3 estadios descritos ($p < .0001$). Sin embargo, los hallazgos patológicos encontrados en el TTP no permitieron fijar una relación

estadísticamente significativa con la deformidad. Para los grados II y III, el análisis se realizó de manera aislada.

La relación establecida entre la lesión del CLS y la deformidad de pie plano gracias a la IRM han evidenciado que las lesiones de este complejo son igualmente importantes que la DTTP a la hora de diagnosticar un pie plano radiológico.

Artículo nº3. “Neutral Heel Lateral Push Test: The first clinical examination of Spring Ligament integrity”. – “Test de desplazamiento lateral con talón neutro: El primer examen clínico de la integridad del Ligamento de Spring”. 2015.²²

El propósito buscado durante este estudio realizado por Pasapula C, et al. consistió en encontrar un test clínico que permitiese valorar la integridad del CLS de manera fiable, sin la necesidad de realizar como primera opción una IRM. El artículo muestra un estudio cadavérico realizado sobre una muestra de 21 especímenes de manera protocolizada, de modo que pudiera ser fácilmente reproducible. Durante en este estudio se valoraría el desplazamiento lateral que sufriría el talón del cadáver, valorando así la integridad del CLS de manera cuantificable. El protocolo de medición se estableció de la siguiente forma, con el objetivo de presumir posteriormente que cualquier movimiento producido por una fuerza lateral se debería a un fallo del CLS y no de otros elementos **(véase en imagen 3)**:

- La ATT se posicionó en dorsiflexión neutral (20°).
- El talón se mantuvo fijado en posición neutral establecida mediante un eje entre el 2º dedo y el eje tibial, o en ligero varo.
- La ATT se mantuvo en ligera plantarflexión y se estabilizó mediante la colocación de dos agujas Kirschner en cruz.
- Una aguja Kirschner de 1,6 mm se insertó en el 5º dedo de manera vertical para facilitar medidas más precisas.
- Se colocó una barra vertical justo a continuación del hallux con una cuerda atada, con el mismo objetivo que se describía anteriormente.

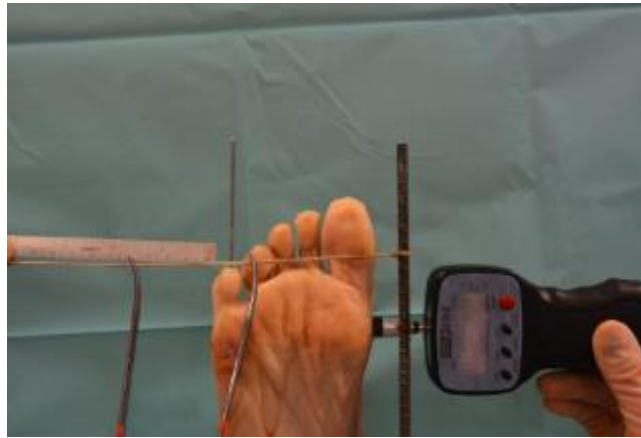


Imagen 3. Colocación de las agujas y posicionamiento del pie del cadáver²².

A continuación, se realiza la aplicación de la fuerza con incrementos de 5 N, hasta llegar a los 25 N (que suponen 2,5 kg de peso), hasta en 3 ocasiones, para cada lectura. Se realizaron diferentes análisis:

- Con todas las estructuras intactas.
- Con una incisión en el TTP.
- Con incisiones en el flexor largo de los dedos y el TTP.
- Con incisiones en el flexor largo de los dedos, TTP y CLS.

También se realizó a la inversa, de manera que se pudo comprobar el desplazamiento cuando el CLS era la única estructura seccionada. Dichas incisiones se realizaban de manera estandarizada.

Con cada incisión y aumento de fuerza, el grado de translación iba aumentando progresivamente, pero se vio mayor desplazamiento en todas las muestras que presentaban un CLS seccionado. Con una fuerza aplicada de 15 N se observó un aumento de translación estadísticamente significativo cuando todas las estructuras se encontraban seccionadas, pero no cuando solo se incidió en el TTP y el flexor largo de los dedos. Con 20 N no se observaron cambios significativos con las disecciones del TTP y el flexor largo de los dedos, y los cambios tornaron a concluyentes cuando se incidió el CLS en los 21 especímenes ($p > 0,05$). La aplicación de 25 N fue un punto de inflexión, pues se establece una clara diferencia estadística en el desplazamiento lateral del pie con un $p < 0,007$. Cuando el CLS era primariamente seccionado, el desplazamiento lateral implica un dato estadísticamente significativo ($p < 0,001$).

Independientemente de si el CLS se secciona antes o después del resto de estructuras, se ha visto que no existe una diferencia en la cantidad de traslación ($p=0,88$). En otras palabras, el resto de las estructuras, siendo seccionadas o no, difieren muy poco en el desplazamiento lateral del pie ya que la mayor modificación se ha visto una vez se secciona el CLS, demostrando la importancia del mismo en la traslación lateral y por ende, en la deformidad del pie plano valgo.

Artículo nº4. *"Spring ligament Tear decreases Static stability of the Ankle Joint" – "El daño del ligamento de Spring disminuye la estabilidad estática de la articulación del tobillo". 2018.*²¹

Se trata de un estudio desarrollado por Kelly M, et al. en 10 piernas de cadáveres frescos previamente desarticuladas de sus rodillas. El objetivo principal encontrar el efecto negativo del daño del CLS (daño extenso, $> 1,5$ cm) y su reconstrucción sobre las fuerzas reactivas que sufren en estático la ATT y la ATN, permitiendo conocer hasta qué punto puede ser importante esta estructura en la estabilidad medial del tobillo. Durante este estudio, se habla de complejo ligamentoso tibiocalcaneonavicular (porción tibionavicular y porción tibiocalcánea) dado que tanto el ligamento deltoideo como el CLS se han considerado en múltiples ocasiones como entidades inseparables por su gran cantidad de interacciones.

Para la realización de las medidas, se requiere de los siguientes procedimientos (**véase imagen 4**):

- Colocación de una barra intramedular y un dispositivo que permita la fijación de la pierna a la máquina que procederá a las mediciones pertinentes.
- Introducción de un primer pin de Steinmann percutáneo a través del eje de rotación de la articulación talar, de maléolo a maléolo (distal).
- Introducción de un segundo pin de Steinmann atravesando el centro del hueso navicular o escafoides.
- Ambos pines se ajustan a un anillo de rotación preparado para permitir las fuerzas de distracción a las que se verán sometidas las estructuras de la ATT y ATN.

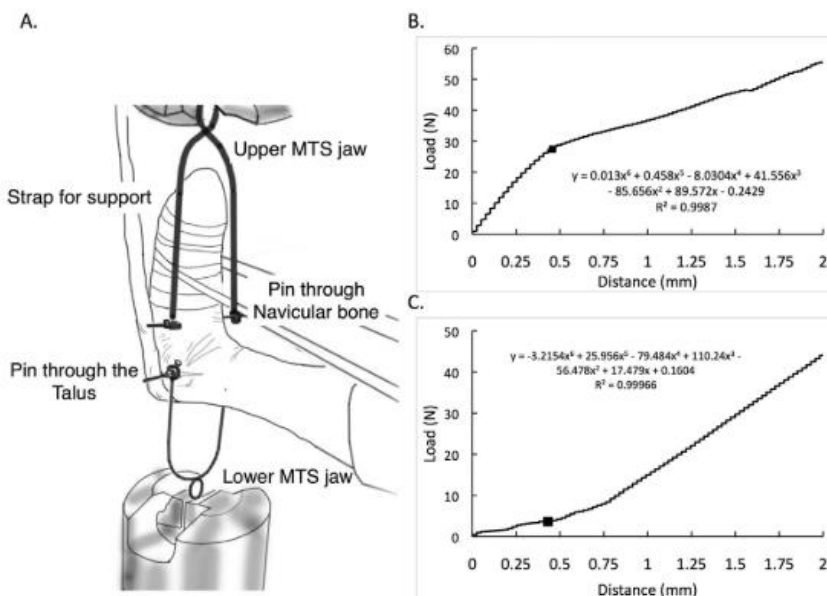


Imagen 4. Preparación del pie cadavérico para proceder con las mediciones. En la ilustración A se representa el protocolo de colocación del instrumental en el pie, de manera que se observa la colocación del pin de Steinman y el anillo de rotación que permitirá las mediciones de las fuerzas de reacción de la ATT y la ATN. En las ilustraciones B y C se observan las gráficas de las fuerzas de reacción en ambas articulaciones. Adaptado²¹.

A continuación, se ejercen las fuerzas de distracción a una velocidad de 0,4 mm/s en línea con la ATT. Este test se repite tres veces con 2 minutos de descanso entre ellos para permitir la relajación de las estructuras blandas adyacentes y así, recobrasen su longitud inicial.

La reconstrucción del complejo tibiocalcaneonavicular se realizó gracias a un aloinjerto bifurcado extraído del semitendinoso de cada pierna. Mediante un orificio en el intercolículo de los maléolos mediales se fijó la porción completa (mediante tornillo), mientras que cada una de las extremidades del nuevo ligamento se fijaron también mediante orificios en la tuberosidad navicular (suturado) y sustentaculum tali (suturado).

Se establecieron unos puntos de inicio de fuerzas reactivas para ambas articulaciones (37,2 N para la ATT, rango de 27,59 a 52,79; 13,4 N para la talonavicular, rango de 6,4 a 20,06 N). Se observaron alteraciones significativas para la ATT en cuanto a las fuerzas reactivas ($P=0,0074$): fue posible percatarse de una disminución del 29% de las fuerzas reactivas quedándose en 26,6 N, y pasando a 34,8 N tras la reconstrucción con aloinjerto del fascículo

talonavicular. Con la recreación de un nuevo fascículo tibiocalcáneo se obtuvieron resultados estadísticamente significativos, traducidos en un aumento de las fuerzas reactivas en la ATT hasta 40,8 N ($p<0,05$). En lo que a la articulación ATN respecta, también fue posible observar cambios estadísticamente significativos en las fuerzas reactivas ($p=0,02$). Cuando el CLS está dañado, las fuerzas reactivas disminuyen a un valor de 11,7 N, lo que no supone un cambio significativo. Pero tras el análisis derivado de las reconstrucciones de los fascículos primero tibionavicular y segundo el tibiocalcáneo se observó un incremento de las fuerzas reactivas en dicha articulación a 18,2 N, aunque la adición de este segundo apenas varió los resultados.

El descenso del 29% de las fuerzas reactivas sobre la ATT cuando existe un daño en el CLS y el consecuente aumento significativo tras su reconstrucción en la ATT y ATN permiten entender que las fuerzas reactivas serán mayores cuando el complejo ligamentoso esté sano y por ende, las articulaciones sean estables.

Artículo nº 5. “Biomechanical stress analysis of the main soft tissues associated with the development of adult acquired flatfoot deformity”. – “Análisis de estrés biomecánico de las principales estructuras para el desarrollo de una deformidad de pie plano adulto adquirido”. 2019.²³

Cifuentes-De la Portilla C, et al. llevaron a cabo este reciente estudio sobre elementos finitos, tomando un modelo de pie humano en descarga sobre el TTP, la FP y el CLS. Tuvo como principal finalidad el examen del estrés biomecánico al que estas estructuras estaban sometidos, comprobando sus capacidades de sostén del arco y de manera secundaria, definir el protagonismo de dichas estructuras en la deformidad del pie plano. Dicho modelo basó su desarrollo en imágenes de tomografía computerizada (TAC) del pie derecho sano de un sujeto de 49 años, 1,70 metros y 720 N de peso. Cada segmento a valorar (FP, TTP, tendón de Aquiles, peroneos largo y corto y CLS) se representó gracias a un sistema informático de mallado. Los modelos tisulares se consideraron elementos lineales con capacidades biomecánicas, característica que hizo al modelo más rígido y más incapaz de posicionarse en mayor rotación o de producir movimientos más característicos de un pie plano como son la pronación del retropié y la abducción del antepié. Por ello, se tuvo en cuenta un modelo de cartílago concebido como no-lineal e hiperelástico, para obtener un comportamiento de menor rigidez y así obtener resultados más cercanos a un pie sano (**véase imagen 5**).

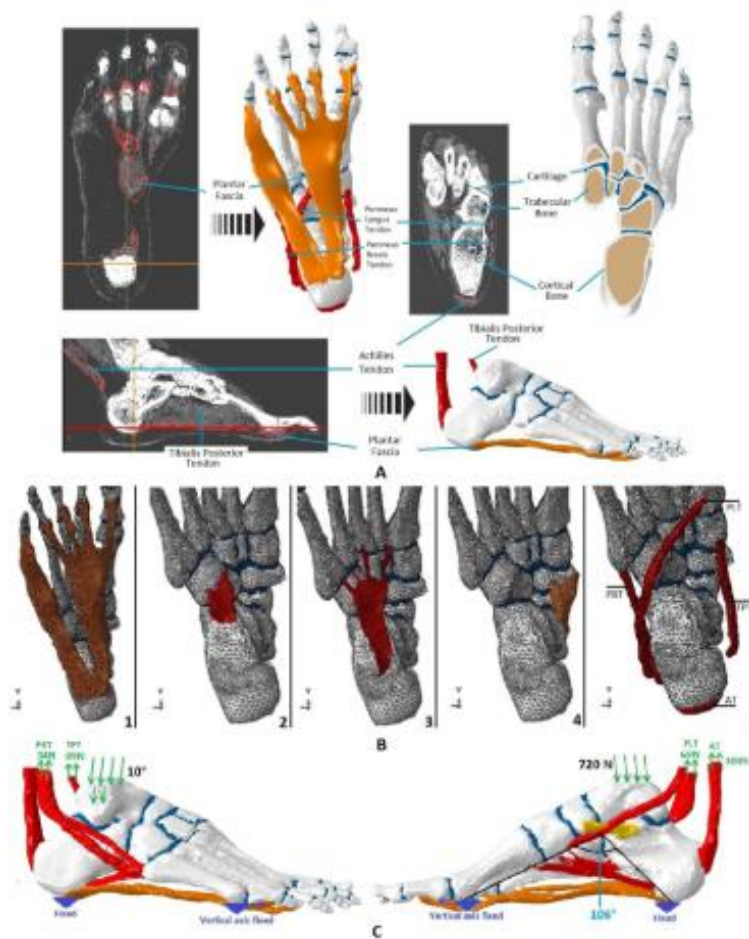


Imagen 5. A) se muestra la reconstrucción del modelo computarizado en base a las imágenes de TAC. B) Modelo de mallado computarizado para las estructuras a analizar. C) Condiciones de carga aplicadas al modelo diseñado, incluidas las condiciones límite y las fuerzas de tracción tendinosas²³.

Se realizaron diversas simulaciones con dicho modelo; la primera de ellas pretendió la simulación de la posición *normal* en carga en una pierna durante el apoyo medio, de manera que el peso total del modelo (720N) se aplicó verticalmente hacia abajo aproximadamente con una angulación de 10° (90% de contacto tibia-astrágalo y 10% peroné-astrágalo). Se mantuvo un punto fijo en la cara plantar del calcáneo y bloqueando el desplazamiento de los puntos fijos de primer y quinto metatarsiano. De esta manera podía simularse el efecto del suelo en la fase media de la marcha.

El estrés biomecánico de las tres principales estructuras se midió en diferentes escenarios como se verá a continuación, en los que era posible ver su comportamiento de manera aislada,

en conjunto con ligamentos o entre ellos mismos de manera que se simulaban situaciones de lesión o debilidad de las estructuras lo que permitió evaluar dos parámetros: el estrés al que los tejidos estaban sometidos, y el grado de deformación de las estructuras. Así pues, para la valoración de la importancia del fallo de FP, el CLS y tendones se hicieron diferentes evaluaciones:

- Evaluación con solo los tendones: se incluyeron TTP, tendón de Aquiles y peroneos.
- Evaluación de las estructuras pasivas: FP, CLS y ligamentos cortos y largos plantares.
- Evaluación por separado de las estructuras principales (FP, CLS y TTP).
- La *simulación en normalidad* se usó como base para establecer las comparaciones.
- La evaluación de *máxima deformación* tuvo como objetivo cuantificar las diferencias relativas.

La determinación de la deformación del ALI se realizó gracias a la goniometría en RX, teniendo en cuenta el ángulo de divergencia astrágalo-calcáneo (ángulo de Kite, cuya normalidad oscila en los 18°), el ángulo de abducción del retropié (cuyo rango de normalidad clínica ronda los 17°), y el ángulo Costa Bertani interno (ACBI) (considerando como parámetro fisiológico los 115°), además de la toma de puntos de referencia, que recogerían variaciones en relación a la carga ligera-carga normal. Estos puntos de referencia fueron los puntos más altos del astrágalo, navicular y primera cuña, midiendo la altura en vertical con respecto a el punto más alto de la primera cabeza metatarsal. Se tomaron imágenes de 12 pacientes sanos para realizar una media de alturas que posteriormente pudiese compararse con los resultados del modelo del estudio.

La cantidad media de estrés biomecánico para el TTP y CLS (*simulación en normalidad* en fase de apoyo) se obtuvo entre los 0 y los 60N/m² y 0 y los 45N/m², respectivamente. Asumiendo esto, se ha comprobado que existe una diferencia significativa de cantidad de estrés tensil que soportan las estructuras, comparando la que soportaría el TTP en comparación con el CLS y la FP, siendo 4 veces mayor que lo que soportaría la FP y 6 veces mayor que lo que soportaría el CLS. Aun así, mediante la observación de la deformación del modelo, se ha visto que la deformación máxima del mismo es similar a la que se produce cuando sólo se mantiene el TTP, deduciendo que esa estructura no es capaz de sostener la bóveda plantar por sí solo. De hecho, sólo cuando se encuentra acompañado de una FP y un CLS sanos, son capaces de mantener la estructura en rangos de normalidad, y no sólo eso, si no que el estrés que soporta aumentaba en presencia de la lesión de estos asistentes.

El estrés biomecánico que soportaban FP y CLS disminuía cuando se realizaba la simulación con los tendones: en el caso del CLS, éste pasaba de soportar aproximadamente 105 N/m² cuando estaba aislado, a soportar valores de entre 30 a 22 N/m².

Teniendo en cuenta esto, tras la realización de las simulaciones se observó que el estrés generado sobre estas estructuras, en ambos casos, es considerablemente mayor cuando una de las dos falla. Esto significa que, si el CLS estuviese dañado y no pudiera cumplir su función, el TTP sufriría un aumento de estrés de su estructura para intentar suplirlo (desde 300 N/m² hasta el 370 N/m²). Y ocurre lo mismo a la inversa, observándose un aumento del estrés biomecánico del complejo desde 45 N/m² hasta 105 N/m² cuando se estudia aislado. Finalmente, se observó una diferencia significativa de estrés biomecánico soportado por CLS cuando se estudiaba aislado en comparación a cuando trabajaba junto con el TTP, siendo menor en presencia del TTP.

Se encontró que el ángulo de divergencia astrágalo-calcáneo y el ángulo de abducción eran muy similares cuando se estudiaba a cada una de estas tres estructuras por separado. Además, el aumento del ACBI fue también muy similar durante la observación aislada del CLS versus la observación aislada del TTP.

Artículo nº6. "Analysis of the main passive soft tissues associated with adult acquired flatfoot deformity development: a computational modeling approach." – "Análisis de las principales estructuras pasivas asociadas con el desarrollo del pie plano adulto adquirido: un enfoque computacional". 2019.²⁴

Realizado por los mismos autores que el estudio anterior y basándose también en un modelo de elementos finitos, este segundo estudio tuvo como objetivo cuantificar, usando un modelo computacional informático, la caída del arco longitudinal y el alargamiento del arco plantar. Se realizó mediante la medición del ángulo ACBI y en ángulo de Kite, valorando a su vez la importancia de la FP y del CLS en este hecho. La metodología de este estudio en cuanto a la toma de muestra, aplicaciones de fuerza, computarización y mediciones es idéntica a el anterior. La FP y el CLS fueron los elementos clave de la investigación; si bien es cierto que el estudio incluyó los ligamentos plantares largos y cortos como elementos secundarios.

Para calcular las diferencias de altura, alargamiento del arco y mayor estrés, se utilizó un valor en *condiciones de carga normal del modelo*, a partir del cual se establecían las comparaciones. La *deformación máxima* se definió como aquella que se conseguía cuando el modelo prescindía de todas las estructuras tendinosas y partes blandas, constando únicamente de la

estructura ósea y cartilaginosa. En último lugar, la manera de valorar la importancia de las principales estructuras en la caída del arco se observó eliminando y manteniendo cada uno de dichos elementos, para después realizar la observación de los elementos por separado. Se comparó siempre con la carga normal del modelo.

La cuantificación de la deformación del arco plantar se realizó de manera idéntica al estudio anterior.

Finalmente, se estudiaron los incrementos o disminuciones del estrés biomecánico al que se someten la FP y el CLS, como ya hemos comentado, eliminando o manteniendo cada uno de ellos según convenga para la valoración.

Los resultados para el CLS fueron significativos: Cuando éste se mantenía en el modelo, el ángulo de ACBI aumentaba 7° con respecto a la carga normal, aunque esta cifra continúa siendo un parámetro dentro de la normalidad, lo que puede suponer que el CLS puede tener una importancia determinada en el mantenimiento del arco, aunque no es el elemento principal de sustento del mismo, ya que el ángulo ha aumentado de manera significativa. En cuanto al ángulo de Kite, éste experimenta un incremento de una unidad (17°). Retirando el resto de las estructuras este ángulo solo sufre el incremento de un grado, lo que podría darnos información acerca de la importancia de dicha estructura en la alineación escafoides-astrágalo y por tanto, en la caída del astrágalo que define al pie plano. Por otro lado, cuando retiramos el CLS, el ACBI aumenta 2° grados con respecto a los valores de carga normales, lo que no es un incremento llamativo; sin embargo, el ángulo de Kite aumenta 8° (53,3%), acercándose a los valores de máxima deformación (31°) y mostrando su importancia como sostén de la cabeza del astrágalo. Cabe destacar el hallazgo que interrelaciona a la FP con el CLS: cuando ésta primera se ve lesionada, se observó un incremento del 24,9% de la caída del arco (31% ACBI), aunque solo hay una diferencia de 2° (29%) en la pronación del retropié. Si es el CLS el que se lesiona, el arco colapsa en un incremento del 14,9%.

Finalmente, se observó un incremento significativo del estrés biomecánico al que el CLS se vio sometido con la lesión de la FP y viceversa, asumiendo de este modo que ambas estructuras jugarían un papel importante en el sustento del ALI, y que si una falla, la otra intentaría suplir ese déficit.

La conclusión de todos los hallazgos descritos anteriormente es que tanto FP como CLS tienen una importancia relevante en el sostén del ALI del pie, y con ello, en el desarrollo de un pie plano adulto adquirido. No obstante, es la FP la que se encarga de evitar la excesiva elongación de este. Por otro lado, el CLS es un importante estabilizador del retropié, evitando su movimiento en pronación.

4. DISCUSIÓN

En la actualidad, se sabe que un PPAA debe ser estudiado como una entidad patológica cuya causa no solo es la de una DTTP, como se ha venido estableciendo¹. Las lesiones de estructuras ligamentosas de la cara medial del tobillo, más concretamente del CLS, pueden ser también responsables en gran medida del colapso del arco y la pronación del retropié. Por ello, se ha señalado incluso que pueden ser tanto la causa como la consecuencia inmediata de un fallo del TTP, llevando, de cualquier manera, a un PPAA^{1,3,4}.

Así pues, la función estabilizadora del CLS sobre el retropié, específicamente en la ATN y el ALI¹⁵ fue comprobada en el estudio de Pasapula C, et al.²², en el que se intentó estandarizar y desarrollar una prueba clínica capaz de valorar la integridad del CLS. La prueba de empuje lateral de talón mostró que el CLS es un importante opositor a dicho movimiento: independientemente de cuando se realizara la incisión del CLS en el cadáver (simulando una lesión real del mismo). Con la maniobra podía observarse una aumentada traslación lateral, y desplazamiento mucho más significativo incluso a pesar de que el TTP hubiese sido seccionado anteriormente. Este aumento de traslación supone, en otras palabras, un aumento de la inestabilidad articular. A esta misma conclusión llegaron Kelly M, et al.²¹, también durante la observación detenida del comportamiento articular del pie en cadáveres: las fuerzas reactivas que soportaban las articulaciones ATN y ATT estaban disminuidas cuando el CLS presentaba una lesión, signo de pérdida significativa de estabilidad de las articulaciones. Que las estructuras pierdan estabilidad en ambos tipos de estudio puede aplicarse también al comportamiento del pie durante la bipedestación y la carga. En definitiva, ambos estudios exponen, coincidiendo, que la pérdida de integridad y función del CLS es un hecho determinante, y que su integridad es igualmente importante a la del TTP para evitar la desalineación de las estructuras y la caída del pie en pronación.

Cifuentes-De la Portilla C, et al.^{23,24} se propusieron reafirmar el importante papel del CLS mediante dos estudios sobre modelos de elementos finitos, que a pesar de no tener la misma evidencia clínica que uno sobre modelos de pies vivos o cadavéricos, ha aportado información relevante acerca del papel del CLS. En un primer estudio²³ que relacionaba a la FP, TTP y CLS, los autores determinaron que el estrés que soportaba la estructura del TTP en condiciones de carga y apoyo estaba 6 veces por encima de lo que soportaba el CLS, pero posteriormente se observó que la deformación máxima que adquiriría el pie en carga era muy similar a la que obtenía si era el TTP el único asistente en dicho modelo. Esta última anotación fue precisamente una conclusión a la que también llegó Pasapula C, et al.²² cuando seccionó de manera aislada al TTP y observó que el desplazamiento lateral del talón no era significativo con respecto a la gran traslación que se producía al seccionar únicamente el CLS.

Los hallazgos anteriormente descritos acerca de la asistencia que se prestan las estructuras cuando una de ellas falla, quedan íntimamente enlazado también con las aportaciones de Pasapula C, et al.²² y por Kelly M, et al.²¹. Si la lesión del CLS disminuye las fuerzas de reacción que soportan las estructuras articulares (tal y como describían estos dos autores) otros complejos serán los encargados de sufrirlas para intentar mantener la mayor estabilidad posible, lo que aumentaría el estrés de sus fibras de manera considerable tal y como decían Cifuentes-De la Portilla C, et al.²³.

El segundo estudio²⁴ también sobre modelos finitos realizado también por Cifuentes-De la Portilla C, et al. estuvo enfocado a reforzar los hallazgos anteriormente encontrados. Los resultados obtenidos con relación al CLS mostraban un aumento significativo en el ángulo de Kite cuando el CLS era retirado del modelo, afirmando que la cabeza del astrágalo queda sostenida de manera importante gracias a esta estructura, evitando la desalineación de la columna interna y su propia caída y con ello, el colapso articular que caracteriza al PPAA. Esta inestabilidad articular observada mediante el aumento del ángulo Kite se relaciona con la inestabilidad articular de la ATT y la ATN tal y como lo describía Pasapula C, et al.²². Estos descubrimientos reafirman la importante función estabilizadora y de sostén del astrágalo que tiene el CLS.

Por otro lado, en éste mismo estudio²⁴ lo que pudo observarse es que el ALI (ACBI) aumentaba muy poco cuando el CLS se mantenía, apuntando a que el CLS sí interviene en la caída del arco, pero no de manera tan determinante como en su función estabilizadora de retropie. La detección del alargamiento del arco y de su elongación se vio como una función más representativa de la FP, que también fue estudiada como asistente en el PPAA. Como en el estudio anterior de los mismos autores²³, el CLS se estresaba considerablemente cuando la FP se veía alterada y viceversa, pudiendo determinar la existencia de una importante sinergia biomecánica entre TTP, CLS y FP.

Por otro lado, conocemos que en la práctica diaria, la RX es la primera prueba de imagen que se solicita de manera estandarizada ante un dolor en la cara medial de tobillo (pues nos puede aportar información sobre la alineación de las estructuras del pie, las deformidades y cambios degenerativos que puedan existir¹⁷). Sin embargo, la complejidad de la visualización del CLS y sus múltiples interacciones biomecánicas y anatómicas¹³ hacen indispensable el uso de la IRM para el diagnóstico de su lesión. La IRM ha demostrado ser la prueba de imagen *gold standard* para el diagnóstico de la lesión del CLS, sobre todo, para la evaluación de la banda superomedial del complejo¹⁷, pues es una prueba muy apta para delimitar la extensión de la posible anomalía y permitir al clínico un preciso diagnóstico¹³. Un estudio realizado demostró una especificidad del 100% para el hallazgo de lesiones en IRM en el CLSs, y un

54%-77% de sensibilidad para el mismo fin¹⁷. Lo que se observó en el estudio de Williams G, et al.²⁰ sobre las lesiones más comúnmente encontradas en el CLS coincide con esta información: la visualización más precisa de anormalidad intrasustancia en el CLS se obtuvo a la observación del CLSs. Además, todos los casos con una lesión probada en cirugía previamente mostraron en las imágenes una lesión del CLSs, tanto en el cuerpo como en la zona insercional del escafoides.

La información recopilada gracias a los estudios sobre modelos biomecánicos y de elementos finitos tiene concordancia con la IRM. De esta manera, William G, et al.³ hablaban de la alta importancia del fallo del CLS con respecto a la lesión del TTP. Concluyeron que, salvo que el estudio detenido del TTP se enfocase en las apariencias de los grados II y III en los estadios de Conti, las anomalías encontradas no mostraban una asociación estadísticamente significativa con la deformidad de PPAA. En cambio, sí que pudo establecerse una relación estadísticamente significativa entre el PPAA y las anormalidades halladas en el CLS en los 3 estadios, lo que supone que la patología encontrada en el CLS podría ser un descubrimiento de por lo menos igual importancia que las lesiones encontradas en el TTP. Este hallazgo relaciona las conclusiones obtenidas por Pasapula C, et al.²² donde mostraba cómo la sección del TTP modificaba poco la translación lateral del talón mientras que la sección aislada del CLS suponía una traslación lateral significativamente aumentada. Dichos resultados ensalzan la importancia que tiene el diagnóstico por imagen no solo en la evaluación de un pie plano, si no en la del CLS, así como la fiabilidad y coherencia con respecto a otras pruebas clínicas y de imagen de los resultados obtenidos.

Cifuentes-De la Portilla C, et al.²³ también coincidían con los descubrimientos obtenidos por Williams G, et al.²⁰. Aunque obtenidos de manera diferente, los autores acaban concluyendo sus estudios con una misma idea, y es que, la función estabilizadora del CLS no puede entenderse sin la presencia del TTP y viceversa, pues las dos complementan su trabajo como sostén obteniendo una importancia similar en el desarrollo de un PPAA.

Lo que pudo observarse además en ambos estudios a cerca de la IRM realizados por Williams G, et al.^{3,20} sobre la misma muestra de pacientes, es que era muy común encontrar lesiones en el CLS de manera simultánea con el TTP. Pacientes con sintomatología y un PPAA radiológico, presentaban casi en su totalidad una lesión del CLS. Este hallazgo es significativo, pues podría confirmar que la deformidad como tal que caracteriza a un pie plano podría aparecer en el momento en el que el CLS se lesiona, aunque no excluye que aparezca cuando lo hace el TTP en primer lugar.

A pesar de la importancia en la evidencia anteriormente expuesta en los artículos analizados, creo necesario realizar más estudios sobre humanos vivos para poder establecer un protocolo

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

elaborado de detección de la lesión del CLS que nos permita discernir o no entre otras lesiones como la del TTP cuando nos encontramos con un PPAA.

5. CONCLUSIONES

En relación a los objetivos planteados al comienzo y en base a los resultados obtenidos, las conclusiones principales del trabajo son las siguientes:

- El CLS es uno de los principales asistentes de la estabilización del retropié, junto con el TTP, evitando su pronación y sosteniendo a la cabeza del astrágalo.
- La función biomecánica del CLS ha demostrado ser igualmente importante que la del TTP para evitar que se produzca la deformidad del PPAA, creándose una relación simbiótica crítica entre ambos en la correcta alineación de las estructuras del pie.
- Mientras que el TTP y el CLS son principalmente las estructuras que mantienen la estabilidad de todo el retropié, la FP es la encargada de evitar la elongación del ALI.
- Las anomalías del CLS definidas en IRM son igualmente importantes que las definidas en el TTP cuando se evalúa un PPAA.
- Las lesiones visualizadas en el CLS en IRM han demostrado tener alta fiabilidad, por ser concordantes con los exámenes biomecánicos y clínicos. Por ello, el diagnóstico de su lesión debería realizarse sistemáticamente contando con estas tres herramientas y estableciendo relaciones entre sus resultados.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Ormsby N, Jackson G, Evans P, Platt S. Imaging of the Tibionavicular Ligament, and Its Potential Role in Adult Acquired Flatfoot Deformity. *Foot Ankle Int* [Internet]. 2018 [cited 2019 Apr 28];39(5):629–35. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Imaging+of+the+Tibionavicular+Ligament%2C+and+Its+Potential+Role+in+Adult+Acquired+Flatfoot+Deformity.>
2. Walters JL, Mendicino SS. The flexible adult flatfoot. Anatomy and pathomechanics. *Clin Podiatr Med Surg* [Internet]. 2014[cited 2018 Nov 3];31(3):329–36. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=The+flexible+adult+flatfoot.+Anatomy+and+pathomechanics.>
3. Williams G, Widnall J, Evans P, Platt S. Could Failure of the Spring Ligament Complex Be the Driving Force behind the Development of the Adult Flatfoot Deformity? *J Foot Ankle Surg* [Internet]. 2014[cited 2018 Nov 3];53(2):152–5. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24556481>
4. Herráiz Hidalgo L, Carrascoso Arranz J, Recio Rodríguez M, Jiménez de la Peña M, Cano Alonso R, Álvarez Moreno, et al. Posterior tibial tendon dysfunction: What other structures are involved in the development of acquired adult flat foot? *Radiologia* [Internet]. 2014[cited 2018 Nov 3];56(3):247-56. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Disfunci%C3%B3n+del+tend%C3%B3n+tibial+posterior>
5. Kohls-Gatzoulis J, Woods B, Angel JC, Singh D. The prevalence of symptomatic posterior tibialis tendon dysfunction in women over the age of 40 in England. *Foot Ankle Surg* [Internet]. 2009[cited 2019 Apr 15];15(2):75–81. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=The+prevalence+of+symptomatic+posterior+tibialis+tendon+dysfunction+in+women+over+the+age+of+40+in+England.>
6. Hintermann B, Golanó P. The anatomy and function of the Deltoid Ligament. *Tech foot ankle Surg* [Internet]. 2014[cited 2019 Nov 4];13(2):67-72. Disponible en:
[10.1097/BTF.0000000000000044](https://doi.org/10.1097/BTF.0000000000000044)
7. Cromeens BP, Kirchhoff CA, Patterson RM, Motley T, Stewart D, Fisher C, et al. An Attachment-Based Description of the Medial Collateral and Spring Ligament Complexes. *Foot Ankle Int* [Internet]. 2015[cited 2018 Dec 7];36(6):710–21. Disponible en:

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25712121>

8. Bastias GF, Dalmau-Pastor M, Astudillo C, Pellegrini MJ. Spring Ligament Instability. Foot Ankle Clin [Internet]. 2018[cited 2018 Dec 8];23(4):659-678. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30414659>
9. Deland JT. Spring Ligament Complex and Flatfoot Deformity: Curse or Blessing? Foot Ankle Int [Internet]. 2012[cited 2018 Nov 3];33(3):239–43. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22734288>
10. Steginsky B, Vora A. What to Do with the Spring Ligament. Foot Ankle Clin [Internet]. 2017[cited 2018 Nov 4];22(3):515–27. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28779804>
11. Nery C, Lemos AVKC, Raduan F, Mansur NSB, Baumfeld D. Combined Spring and Deltoid Ligament Repair in Adult-Acquired Flatfoot. Foot Ankle Int [Internet]. 2018[cited 2019 Apr 28];39(8):903–7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29658814>
12. Campbell KJ, Michalski MP, Wilson KJ, Goldsmith MT, Wijdicks CA, LaPrade RF, et al. The ligament anatomy of the deltoid complex of the ankle: A qualitative and quantitative anatomical study. J Bone Jt Surg Am [Internet]. 2014[cited 2019 April 17];96(8):1–10. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=the+ligament+anatomy+of+the+deltoid+complex+of+the+ankle%3A+A+qualitative+and+quantitative+anatomical+study>.
13. Crim J. Medial-sided Ankle Pain: Deltoid Ligament and Beyond. Magn Reson Imaging Clin N Am [Internet]. 2016[cited 2019 Feb 12];25(1):63–77. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27888852>
14. Smyth NA, Aiyer AA, Kaplan JR, Carmody CA, Kadakia AR. Adult-acquired flatfoot deformity. Eur J Orthop Surg Traumatol [Internet]. 2017[cited 2019 Apr 28];27(4):433–9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=10.1007%2Fs00590-017-1945-5>
15. Vadell AM, Peratta M. Calcaneonavicular ligament: Anatomy, diagnosis, and treatment. Foot Ankle Clin [Internet]. 2012[cited 2018 Nov 6];17(3):437–48. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22938642>

16. Tohno Y, Tohno S, Taniguchi A, Azuma C, Minami T, Mahakkanukrauh P. Characteristics of the three ligaments of human spring ligament complex from a viewpoint of elements. Biol Trace Elem Res [Internet]. 2012[cited 2019 Nov 24];146(3):293–301. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22072216>
17. Omar H, Saini V, Wadhwa V, Liu G, Chhabra A. Spring ligament complex: Illustrated normal anatomy and spectrum of pathologies on 3T MR imaging. Eur J Radiol [Internet]. 2016[cited 2019 Mar 16];85(11):2133–43. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27776669>
18. Postan D, Carabelli G, Poitevin L. Spring Ligament and Sustentaculum Tali Anatomical Variations: Anatomical Research Oriented to Acquired Flat Foot Study. Foot Ankle Online J [Internet]. 2011[cited 2018 Nov 11];4(9):1. Disponible en: [10.3827/faoj.2011.0409.0001](https://doi.org/10.3827/faoj.2011.0409.0001)
19. Zanolli DH, Glisson RR, Nunley JA, Easley ME. Biomechanical Assessment of Flexible Correction: comparison of techniques in a cadaver model. J Bone Joint Surg Am [Internet]. 2014[cited 2019 Apr 25];96(6):1-8 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24647512>
20. Williams G, Widnall J, Evans P, Platt S. MRI features most often associated with surgically proven tears of the spring ligament complex. Skeletal Radiol [Internet]. 2013[cited 2019 Jan 18];42(7):969–73. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23636731>
21. Kelly M, Masqoodi N, Vasconcellos D, Fowler X, Osman WS, Elfar JC, et al. Spring ligament tear decreases static stability of the ankle joint. Clin Biomech [Internet]. 2019[cited 2019 Jan 21];61:79–83. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30529505>
22. Pasapula C, Devany A, Magan A, Memarzadeh A, Pasters V, Shariff S. Neutral heel lateral push test: The first clinical examination of spring ligament integrity. Foot [Internet]. 2015[cited 2019 Jan 20];25(2):69–74. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26004125>
23. Cifuentes-De la Portilla C, Larrainzar-Garijo R, Bayod J. Biomechanical stress analysis of the main soft tissues associated with the development of adult acquired flatfoot deformity. Clin Biomech [Internet]. 2019[cited 2019 Feb 21];61:163–171. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30580098>

24. Cifuentes-De la Portilla C, Larrainzar-Garijo R, Bayod J. Analysis of the main passive soft tissues associated with adult acquired flatfoot deformity development: A computational modeling approach. J Biomech [Internet]. 2019[cited 2019 Feb 23];84:183–90. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30655081>

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

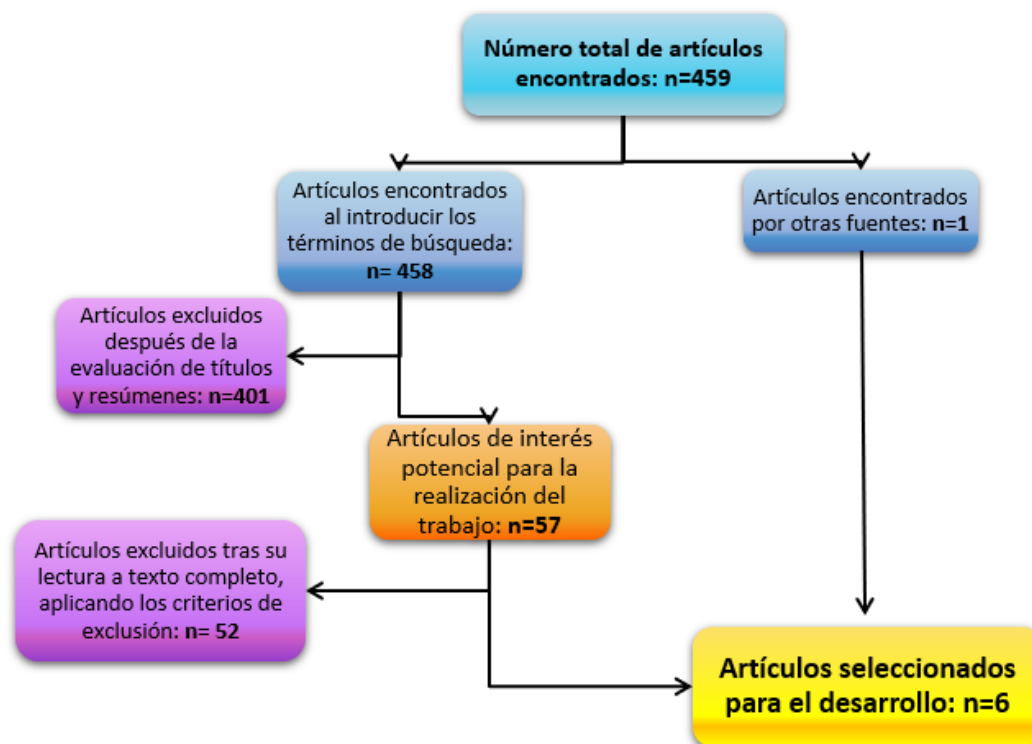
2019

7. ANEXOS

Anexo 1. Tabla 1. Clasificación de Jonhson y Strom, (1989) y adicción del cuarto estadio por Myerson (1997) para la disfunción del tibial posterior. Adaptación y elaboración propia^{2,13}.

Características Estadio	INTEGRIDAD DEL TENDÓN	DEFORMIDAD ASOCIADA	SINGLE HEEL RISE TEST	SIGNO DE TOO MANY TOES	DOLOR ASOCIADO
<u>ESTADIO I</u> Tenosinovitis.	Largura preservada. Función normal del tendón.	No hay retropié valgo. No hay colapso del arco.	-. Capacidad para su realización.	-. No hay abducción del antepié.	A la palpación directa de la estructura.
<u>ESTADIO II A</u>	Degeneración y elongación del tendón.	Se observa retropié en valgo. Deformidad flexible.	-. Capacidad para su realización.	-. No hay abducción del antepié.	Dolor en cara medial de tobillo.
<u>ESTADIO II B</u>				+. Abducción del antepié.	Dolor en cara lateral de tobillo
<u>ESTADIO III</u>	Degeneración y elongación del tendón.	Retropié valgo con deformidad rígida.	+. No puede realizarse.	+. Abducción del antepié	Dolor en cara lateral de tobillo.
<u>ESTADIO IV</u>	Degeneración y elongación.	Retropié valgo con deformidad rígida, astrágalo en valgo.	+. No puede realizarse.	+. Abducción del antepié.	Dolor generalizado, con artritis de tobillo.

Anexo 2. Figura 1. Diagrama de flujo resultado de la búsqueda bibliográfica. Elaboración propia.



IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

Anexo 3. Tabla 2. Resumen de los artículos sobre hallazgos encontrados en IRM utilizados para la elaboración de los resultados. Elaboración propia.

NOMBRE DEL ARTÍCULO	AUTORES	AÑO DE PUBLICACIÓN	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	HALLAZGOS SIGNIFICATIVOS EN IRM	CONCLUSIONES
<i>MRI features most often associated with surgically proven tears of the spring ligament complex.</i> ²⁰	G. Williams, J. Windhall, P. Evans et al.	2013	Demostrar la fiabilidad de la IRM como elemento diagnóstico en la lesión del CLS, comparado con la clínica.	Grupo A , formado por 13 pacientes tratados por PPAA y DTTP con lesión del CLS probada quirúrgicamente. Grupo B , formado por 97 pacientes sin signos clínicos de pie plano.	161 escáneres totales. Engrosamiento proximal en el grupo A mayor de 5 mm en un 92% del total, y adelgazamiento distal de menos de 2 mm en el 85% del CLSs. Engrosamiento mayor de 7 mm en el 31% de los pacientes y señal heterogénea intrasustancia en el 38% de los casos para el CLSm.	La IRM para la observación del CLSs es consistente con los hallazgos en RX, clínicos y quirúrgicos, mientras que la observación del CLSm es difícil debido a su orientación.
<i>Could failure of the Spring Ligament Complex Be the Driving Force behind the Development of the Adult Flatfoot Deformity?</i> ³	G. Williams, J. Windhall, P. Evans et al.	2014	Encontrar una relación entre la lesión del CLS y la del TTP encontradas en IRM, con la evidencia en RX de PPAA.	Muestra idéntica al anterior estudio, pero también se recogieron RX.	44 del total de escáneres de los escáneres manifestaban lesión en el CLSs como una disminución del grosor proximal y distal. De esas 44 imágenes, además, 33 de ellas tenían también daño en el CLSm, con alta señal intrasustancia y engrosamiento superior a 7 mm. El TTP se encontró patológico en 33 de las 161 imágenes.	Los resultados de RX e IRM fueron estadísticamente significativos entre la lesión del CLS y el PPAA en los tres estadios, pero los hallazgos encontrados para el TTP no fueron suficientes para establecer una relación significativa con la deformidad.

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

Anexo 4. Tabla 3. Resumen de los artículos sobre biomecánica en modelos cadavéricos y sobre elementos finitos utilizados para la elaboración de los resultados. Elaboración propia.

NOMBRE DEL ARTÍCULO	AUTORES	AÑO DE PUBLICACIÓN	OBJETIVO DEL ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	RESULTADOS BIOMECÁNICAMENTE SIGNIFICATIVOS	CONCLUSIONES
<i>Neutral Heel Lateral Push Test: The first clinical examination of Spring Ligament integrity.</i> ²²	C. Pasapula, A. Devany, A. Magan et al.	2015	Encontrar un test de valoración de la integridad del CLS de manera clínica.	Estudio cadavérico sobre 21 especímenes.	El desplazamiento lateral del talón era significativamente mayor conforme se aumentaba la fuerza aplicada (de 15 N a 25 N) cuando el CLS se encontraba seccionado. La translación no se vio significativamente afectada cuando se incidió sobre el TTP y el flexor largo de los dedos con 20 N de fuerza aplicada.	La rotura o lesión del CLS produce un significativo desplazamiento lateral de talón, lo que le hace una estructura de soporte primario por encima del TTP. Esta prueba parece ser un test clínico fiable, aunque debería ser testado en individuos vivos.
<i>Spring ligament Tear decreases Static stability of the Ankle Joint.</i> ²¹	M. Kelly, N. Masgoodi, D. Vasconcellos et al.	2019	Se trató de estimar cómo las fuerzas reactivas se modifican sobre la ATT y ATN cuando el CLS está dañado.	Estudio cadavérico sobre 10 piernas frescas desarticuladas de sus rodillas.	La lesión del CLS supuso una disminución de las fuerzas reactivas en un 29%. Mediante las reconstrucciones del fascículo tibionavicular y el tibiocalcáneo, se obtuvieron incrementos significativos de las fuerzas que soportaban las dos articulaciones.	Las articulaciones se presentan como significativamente más estables cuando el CLS se encuentra íntegro, ya que presentan mayores fuerzas reactivas en esta situación.

IMPLICACIÓN DE LA LESIÓN DEL COMPLEJO LIGAMENTOSO DE SPRING EN LA DEFORMIDAD DEL PIE PLANO ADULTO ADQUIRIDO. Carolina Berges Arribas

2019

<i>Biomechanical stress analysis of the main soft tissues associated with the development of adult acquired flatfoot deformity.</i> ²³	C. Cifuentes-De la Portilla, R. Larrainzar-Garijo, J. Bayod	2019	Constatar las propiedades de estabilización y sostén del TTP, la FP y el CLS, definiendo así su protagonismo en el PPAA.	Modelo computarizado de un sujeto sano de 49 años, 1'70 y 720 N.	El estrés biomecánico que soportan las estructuras es mayor para el TTP que para la FP y el CLS, aunque ésta primera no sería capaz de sostener el ALI por sí solo y necesita la asistencia de estas dos últimas. El papel de la FP es principalmente el mantenimiento de la bóveda plantar, y el del TTP y CLS, la estabilización del retropié.	La función del TTP es suplida por la FP y el CLS, manifestándose en un notable incremento de estrés tensil de estas estructuras. Por ello se considera que el TTP es un asistente secundario del ALI.
<i>Analysis of the main passive soft tissues associated with adult acquired flatfoot deformity development: a computational modeling approach.</i> ²⁴	C. Cifuentes-De la Portilla, R. Larrainzar-Garijo, J. Bayod	2019	Examinar el grado de deformidad del ALI y su alargamiento, así como el papel de la FP y el CLS sobre esta situación.	Misma muestra que el estudio anterior.	El estrés biomecánico durante la tarea de estabilización del arco que sufrían las estructuras aumentaba cuando una de estas veía aminorada su integridad. Además, los resultados obtenidos señalan que la FP es el principal responsable del colapso del arco, mientras que los hallazgos indican que el CLS trabaja como estabilizador del retropié.	Ambas estructuras poseen una importancia predominante para prevenir la deformidad de PPAA, siendo los ligamentos plantares largos y cortos estabilizadores secundarios.